



HESAPLAMALI AKIŞKANLAR DİNAMİĞİ (HAD) İLE LED TEMAS SICAKLIĞI TAYİNİ VE KANATÇIK HESABI

K. Furkan SÖKMEN*, Erhan PULAT**, Nurettin YAMANKARADENİZ***
ve Salih COŞKUN***

*Assan-Hanil Otomotiv ve Ticaret A.Ş. Alikahya Atatürk Mah. Vatan Cad.No:17 41305 İZMİT / KOCAELİ

**Uludağ Üniversitesi, Müh.-Mim. Fak., Makina Müh. Böl., 16059, Görükle, BURSA

***Uludağ Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu, Elektrik ve Enerji Böl.,
İklimlendirme ve Soğutma Teknolojisi Prog., 16059, Görükle, BURSA

(Geliş Tarihi: 06.01.2014, Kabul Tarihi: 12.06.2014)

Özet: LED (Light Emitting Diode) yapısı itibarı ile N ve P tipi yarı iletken katmanlar arasına sandviç edilmiş aktif katman tabakasından ve bunların elektriksel bağlantılarından oluşan optoelektronik bir elemandır. 1995 yılından itibaren otomotiv sektöründe kullanılmaya başlanmıştır. Bu çalışmada, tipik bir otomobil ön farı içinde ışık tüpünü besleyen 0.5, 0.75, 1 ve 1.25 W gücünde bir LED'in 25, 50 ve 80°C çevre sıcaklıklarında Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD) çözümleri yapılarak LED temas sıcaklık değerleri (T_j) ve ısı taşınım katsayıları hesap edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre kanatçık sayısı, tipi ve optimum kanatçık aralıkları, geliştirilen bir program yardımıyla bulunmuştur. Geometrik modeli, CATIA V5 R19 yazılımı kullanılarak oluşturulan LED, ICEM CFD kullanılarak elemanlara bölünmüş ve ısıl analizi ANSYS CFX 14 yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Ortam hava akışı sürekli rejimde, sıkıştırılmaz, laminar ve üç boyutlu kabul edilmiştir. Havanın termofiziksel özelliklerinin sıcaklıkla değişimi, kaldırma kuvveti ve radyasyon etkileri dikkate alınmıştır. Geliştirilen program yardımıyla uygun kanatçık tasarımı yapılarak, artan çevre sıcaklığına rağmen T_j sıcaklıklarının uygun değerlerde tutulması sağlanmıştır. Kanatçık optimum aralığının kanatçık tasarımında önemli bir parametre olduğu görülmüştür. LED ömrünün ve performansının beklenen seviyede olması için LED'in far içinde çevre sıcaklığının düşük olduğu bölgelere yerleştirilmesi gerektiği tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Araç aydınlatma sistemleri, far, laminar doğal taşınım, radyasyon, eşlenik analiz, hesaplamalı akışkanlar dinamiği (HAD).

LED JUNCTION AND HEATSINK NUMBER CALCULATION WITH COMPUTATIONAL FLUIDS DYNAMIC (CFD)

Abstract: A LED (Light Emitting Diode) is an optoelectronic component which includes active layer among N and P type semiconductor products like a sandwich and electrical taps. Since 1995 LED is used in automotive sector. On this application, 0.5-0.75-1-1.25 W powered a typical car head light LED's junction temperature (T_j) rates with HAD resolutions at 25, 50, 80°C and heat transmission rates are calculated. The wingle numbers and types, optimum wingle gaps were found out with macro according to evidences. The geometric model of LED was designed by CATIA V5 R19 software. It is divided into its components with ICEM CFD and its temperature analysis is done via ANSYS CFX 14. Its airflow is assumed as in constant regime, laminar and solid. Thermo physical features of the weather's changes related to heat, buoyancy and radiation effects are taken into consideration. Heat transmission rate on circuit and temperature rates are calculated and compared with the literature rates. Appropriate fin design developed with the help of program developed and despite the increasing ambient temperature, junction temperatures taken appropriate values. Optimum fin interval was found to be an important parameter in the design of heat sinks. LED should be located where the ambient temperature is low in headlamp for LED life and performance to be expected level.

Keywords: Vehicle lighting systems, head lamp, laminar natural convection, radiation, conjugate analysis, computational fluid dynamics (CFD).

SEMBOLLER

D	Çap (mm)	k	Isı iletim katsayısı (W/m °C)
g	Yerçekimi ivmesi (m/s ²)	L	Karakteristik uzunluk (mm)
Gr	Grashof sayısı	LED	Işık yayan diyot (Light Emiting Diyode)
h	Isı taşınım katsayısı (W/m ² °C)	Nu _m	Ortalama Nusselt sayısı
		PCB	Baskı devre kartı (Printed Circuit Board)
		P _D	LED gücü (W)

Pr	Prandtl sayısı
Ra	Rayleigh sayısı
R _{thJA}	Temas ve çevre hava arasındaki ısı iletim direnci (°C/W)
S _{opt}	Optimum kanatçık aralığı (mm)
T _{Amax}	Maksimum çevre sıcaklığı (°C)
T _j	Temas sıcaklığı, (°C)
T _{jmax}	Maksimum Temas sıcaklığı (°C)
TIM	Isıl ara yüz malzemesi
T _y	Yüzey sıcaklığı (°C)
T _∞	Çevre sıcaklığı (°C)
T _{LED}	LED üzerindeki sıcaklık (°C)
T _ç	Çevre sıcaklığı (°C)
v	Kinematik viskozite (m ² /s)

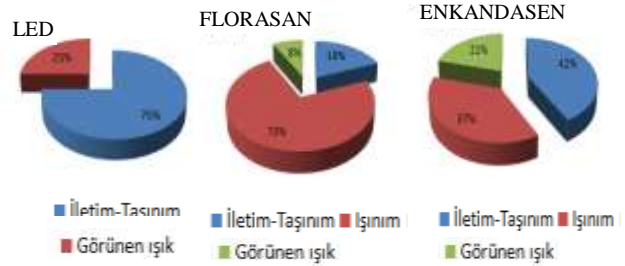
GİRİŞ

LED sistemler son yıllarda araç aydınlatma yaygın bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır. LED'lerin, kullanıma bağlı olarak 100.000 saate kadar ömrü olması, enerjiyi daha etkin kullanabilmesi, oluşan sıcaklık değerinin halojen (3000°C) ve Xenon apullere (700°C) nazaran daha düşük olması (110°C'den daha az) LED'leri daha avantajlı hale getirmiştir. Ayrıca LED'lerin soğutulması amacıyla kullanılan kanatçık yapıli baskı devre kartı (PCB: Printed Circuit Board) kullanımı, daha güçlü LED'lerin kullanımına olanak sağlamaktadır (Bielecki vd, 2007). LED'lerin gerek optik ve gerekse ömürlerini tayin eden temas sıcaklığının belirlenmesi üzerine literatürde çeşitli çalışmalar mevcuttur.

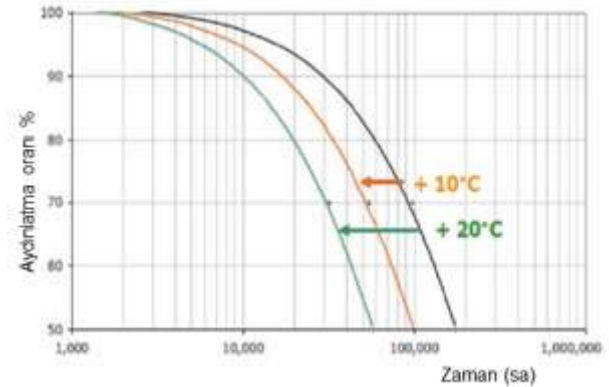
Temas sıcaklığının belirlenmesinde Kukichi vd, 2005 tarafından yapılan çalışmada temas sıcaklığının, baskı devre levhası ısı iletim dirençleri ve çevre havasının etkilerine göre belirlenmesi ele alınmıştır. LED çevresindeki hava hızının değişimi ise Kim vd, 2007 tarafından ele alınmıştır. Vora vd, 2009 tarafından, baskı devresi üzerinde oluşturulan bakır tabakaların kalınlığının artırılması ile ısı iletiminin arttığı ve temas sıcaklığı üzerinde 20°C' e ulaşan sıcaklık azalmaları olduğu ifade edilmiştir. Sheu vd, 2005 ise ısı iletimi ve ısıli dirençleri temel alan bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. LED'lerin ısınma problemine karşı soğutulması üzerine bir çalışma Jang ve Shin, 2008 tarafından yapılmıştır. LED'lerin ısıli davranışları üzerine bir diğer çalışma ise Poppe ve Lasance, 2009 tarafından gerçekleştirilmiştir. LED'li sistemlerin su ile soğutulmasını temel alan çalışma Lai vd, 2009 tarafından yapılmıştır. Hamm (2005) LED kullanımı ile araç aydınlatma ürünlerinde oluşacak değişimlerden optik, mekanik ve ısıli analizleri üzerine çalışmışlardır. LED'lerin ısıli analiz yöntemi için yapılan bazı çalışmalar ise şöyledir: (Clemens ve Simons, 2005), (Lee, 1995) (Arika vd, 2004), (Christansen ve Graham, 2009), (Jang vd, 2012), (Hu vd, 2012).

LED'lerin soğutulması ve kanatçık tasarımı üzerinde yapılan bir çalışmada ise çevre sıcaklığına bağlı olarak doğal taşınım incelenmiş, çevre ve baskı devresi sıcaklığına bağlı gereken soğutma alanı belirlenmiştir (GE Lighting, AppNotes, 2009).

Kukichi vd, 2005, bir üç boyutlu LED modeli üzerinde temas sıcaklık değerinin belirlenmesi üzerine çalışmışlar ve bu çalışmada ışınım modeli için Monte-Carlo rastgele yayılım metodu kullanmışlardır. LED'lerin ürettikleri ışığın dalga boyuna göre ışınım ile ısı transferi, iletim ve taşınım ile ısı transferine göre oldukça azdır (Şekil 1.1). LED'ler için en önemli parametre temas sıcaklığıdır. Temas sıcaklığı, LED'in ömrünü, aydınlatma gücünü ve fotometrik değerini doğrudan etkilemektedir. Şekil 1.2' de temas sıcaklık artışının, LED'in ömür ve aydınlatma gücüne etkisi görülmektedir (Bin-hai ve Yao-hao, 2005).

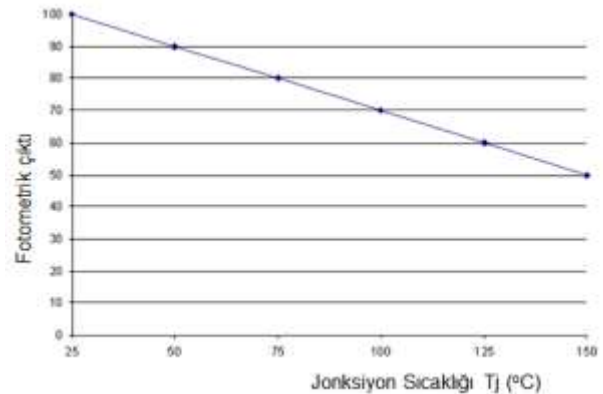


Şekil 1.1. LED, florosan ve enkandasen ampul ısı yayma şekil oranları



Şekil 1.2. T_j sıcaklığındaki değişime göre LED ömrü ve LED aydınlatma oranındaki değişiklik (Palayangoda, 2012).

Temas sıcaklığının fotometrik değerler üzerindeki etkisi ise Şekil 1.3' de verilmiştir.



Şekil 1.3. T_j sıcaklığındaki değişime göre fotometrinin etkilenmesi (Palayangoda, 2012).

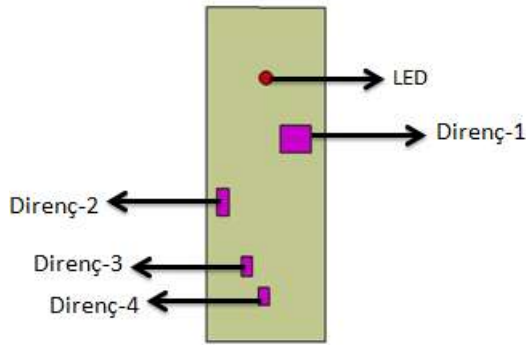
LED'lerin üzerlerinde, eğer ısıli iletim katsayısı yüksek malzemeler kullanılarak, istenilen değerde sıcaklıklar

elde edilemez ise, kanatçık ilavesi yapılması gerekmektedir. Son yıllarda, LED'lerin farlar içinde halojen ampullerle birlikte kullanılması yaygınlaşmıştır. Normal şartlar altında ısıyı kanatçıklarla iletim ve taşınım ile üzerinden atan LED sistemlerinin, halojen ampullerle kullanılması ısıl anlamda büyük risklere yol açmaktadır. Bu yüzden kanatçık tasarımları büyük önem arz etmektedir (Palayangoda, 2012).

MATERYAL VE METOT

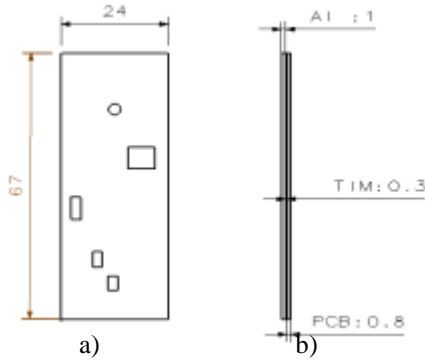
Geometri ve Model

Bu çalışmada analizler, baskı devresi levhası (PCB) üzerine yerleştirilmiş LED ve dirençler için yapılmıştır (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. Çalışmada kullanılan PCB geometrisi

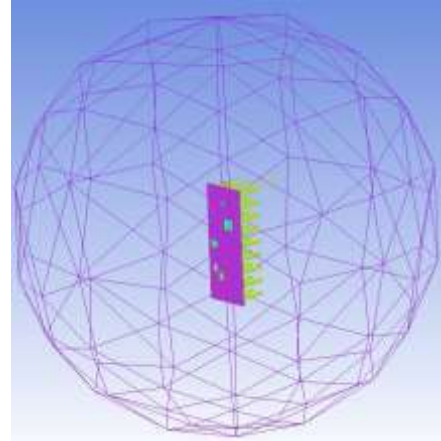
Çalışmada LED, halojen ampüllerin bulunduğu far içinde kullanılmaktadır. Bu da çevre hava sıcaklığının yüksek olması anlamına gelmektedir. Far içinde ısı kaynağı olarak halojen H7, H15, PY21W ampulleri ile beraber çalışacak olan LED sırasıyla 0.5, 0.75, 1 ve 1.25 W güç çekmektedir. PCB üzerinde mevcut dirençlerin çektiği güç temas sıcaklığını etkilemediği için çalışmada ihmal edilmiştir. Far içinde ampuller sırasıyla 60W, 55W, 25W güç çekmektedir. Analizler 25, 50 ve 80°C çevre sıcaklıklarında gerçekleştirilmiştir. Kullanılan PCB' nin geometrik modeli ve ölçüleri Şekil 2.2 'de gösterilmektedir.



Şekil 2.2 Çalışmada kullanılan PCB ölçüleri a) Ön görünüş ve b) Yan görünüş (ölçüler mm'dir.)

Sayısal Analiz

Bu çalışmada sayısal analiz, ANSYS CFX 14 yazılımı yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Hacim içi, laminar doğal taşınımlı, üç boyutlu ve sürekli rejimde hava akışı kabul edilmiştir. Far bileşenlerindeki iletim etkileri (conjugate effects) dikkate alınmıştır. Doğal taşınım için Boussinesq yaklaşımı, radyasyon etkilerinin dikkate alınmasında da Monte Carlo yaklaşımı kullanılmıştır. Monte Carlo metodunda rastgele erişim ile bir foton, ışınımına tabi tutulmaktadır. Deneme analiz başında belirlenen maksimum foton sayısına göre N kere tekrarlanmaktadır. Her tekrar bir öncekinden bağımsız olduğu için benzerlikten çok farklı kombinasyonlar üretilmektedir. N adet erişim bittiğinde bütün fotonların ortalama değeri sonuç olarak alınmaktadır (Rubinstein ve Kroese, 2007). Özellikle ışınım problemlerinin çözümünde Monte Carlo metodu çok yaygın olarak kullanılmaktadır (Carter ve Cashwell, 1975). Metotta önemli olan rastgele erişim tekrar sayısının (history number) tespitinin uygun şekilde seçilmesidir (Eliasi, 1990). Çözülen denklemler ve kullanılan yaklaşımlar hakkında detaylı bilgiler ANSYS CFX 12.1 Solver Theory Guide de bulunabilir. Çalışmada delaunay ağ yapısı kullanılmıştır. Tablo 1' den görüleceği gibi 284564-338772 ağ arasında sonuçlarının değişmediği görülmüş ve ağdan bağımsız sonuçlar 338772 ağ sayısında en az 500 iterasyon sonucu elde edilmiştir.



Şekil 2.3. LED sistemi eleman yapısı

Tablo 1. Analizde kullanılan eleman sayılarına göre T_{LED} sıcaklıkları

Eleman büyütme faktörü	1,01	1,02	1,1	1,2
Hacimler	Eleman sayısı			
İç hava	156407	152108	122965	102629
Baskı devre kartı	99384	97131	74941	66490
Isıl Arayüz Malzemesi (TIM)	36147	35325	33917	33831
Toplam eleman	338772	284564	278657	249784
T_{LED} (K)	330,65	330	298,67	297,25

Analizde elde edilen LED sıcaklık değerleri girdi kabul edilerek, LED için temas değeri Eş.(1) yardımıyla elde edilmiştir.

$$T_{J \max} = R_{thJA} \cdot P_D + T_{A \max} \quad (1)$$

LED için dik levha üzerinden doğal akış kabulü yapılmıştır. Dik levha üzerinden akış kabulüne göre Eş.(2), Eş.(3), Eş.(4), Eş.(5) hazırlanan bir program yardımıyla çözümlenerek ısı transfer katsayısı (h) değeri tespit edilmiştir.

$$Gr = \frac{g\beta L^3 (T_y - T_\infty)}{\nu^2} \quad (2)$$

$$Ra = GrPr = \frac{g\beta L^3 (T_y - T_\infty)}{\nu\alpha} \quad (3)$$

$$Nu_m = 0,68 + \frac{0,67.Ra_L^{1/4}}{[1 + (0,492/Pr)^{9/16}]^{4/9}} \quad (4)$$

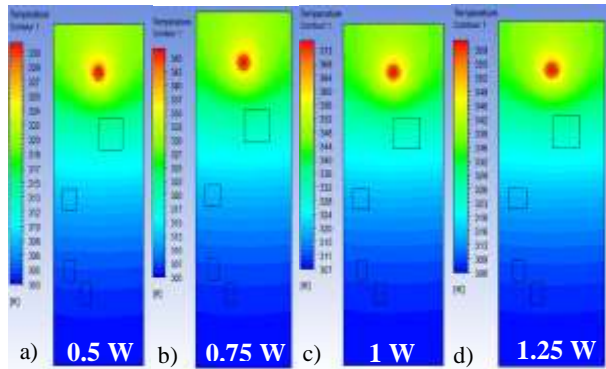
$$\bar{Nu}_d = \frac{\bar{h}D}{k} \quad (5)$$

Ayrıca, Eş.(6)'ı (Çengel 2003) kullanılarak ısı kınatçıları arasında optimum mesafe hesap edilmiştir.

$$S_{opt} = 2,714 \cdot \left(\frac{S^3 L}{Ra_s}\right)^{0,25} = 2,714 \cdot \left(\frac{L}{Ra_L^{0,25}}\right) \quad (6)$$

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

$T_\infty=25^\circ\text{C}$ çevre sıcaklığında, farklı güçlerde yapılan analiz sonucu, LED üzerindeki sıcaklık değişimleri Şekil 3.1' de görülmektedir. Eş.(1)' e göre hesaplanan T_j değerleri ise Tablo 3.1' de verilmiştir. $T_\infty=25^\circ\text{C}$ için elde edilen sonuçlar LED üreticisi firma tarafından kabul edilen $T_j < 125^\circ\text{C}$ sınırlamasına uygun olduğu tespit edilmiştir.

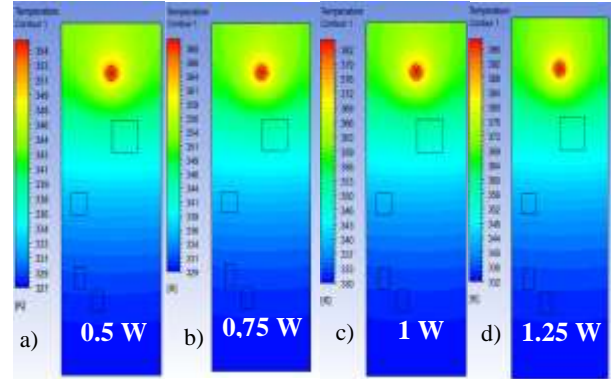


Şekil 3.1. $T_\infty=25^\circ\text{C}$ çevre sıcaklığında, farklı LED güçlerinde (a) 0.5 W b) 0.75 W c) 1 W d) 1.25 W) LED sıcaklıkları

Tablo 3.1. $T_\infty=25^\circ\text{C}$ için 0.5, 0.75, 1 ve 1.25 W 'lık güçlerde hesaplanan T_j değerleri

$R_{th(JA)}$ ($^\circ\text{C/W}$)	P_d (W)	T_{LED} ($^\circ\text{C}$)	T_j ($^\circ\text{C}$)
10	0,5	57	62
10	0,75	72	79,5
10	1	86	96
10	1,25	99	111,5

$T_\infty=50^\circ\text{C}$ çevre sıcaklığı için yapılan analiz sonucu LED üzerindeki sıcaklık dağılımı Şekil 3.2'de ve hesaplanan T_j değerleri Tablo 3.2.' de verilmiştir.



Şekil 3.2. $T_\infty=50^\circ\text{C}$ 'de farklı LED güçlerinde (a) 0.5W, b) 0.75W, c) 1W, d) 1.25W) LED sıcaklıkları

Tablo 3.2' den görüldüğü gibi, 1.25 W güç çeken LED için hesaplanan T_j değerinin, uygun olmadığı görülmektedir. Çünkü elde edilen T_j değeri (135.5°C), sınır sıcaklık değerini (125°C) aşmıştır.

LED ısı tasarım rehberine (Sokmen, 2013) göre PCB arka yüzeyine 1 mm kalınlığında alüminyum levha eklenerek 50°C çevre sıcaklığında, analizler 0.5, 0.75, 1 ve 1.25 W güçler için tekrarlanmıştır.

Tablo 3.2. $T_\infty=50^\circ\text{C}$ için 0.5, 0.75, 1 ve 1.25 W 'lık güçlerde hesaplanan T_j değerleri

$R_{th(JA)}$ ($^\circ\text{C/W}$)	P_d (W)	T_{LED} ($^\circ\text{C}$)	T_j ($^\circ\text{C}$)
10	0,5	81	86
10	0,75	95	102,5
10	1	109	119
10	1,25	123	135,5

Tablo 3.3' de görüldüğü gibi $T_\infty=50^\circ\text{C}$ 'de 1.25 W güçte, alüminyum levhalı LED için hesaplanan T_j değerlerinin, istenildiği gibi 125°C 'den küçük olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 3.3. $T_\infty=50^\circ\text{C}$ için 0.5, 0.75, 1 ve 1.25 W 'lık güçlerde alüminyum levha ile hesaplanan T_j değerleri

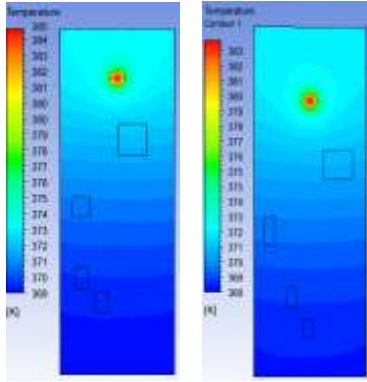
$R_{th(JA)}$ ($^\circ\text{C/W}$)	P_d (W)	T_{LED} ($^\circ\text{C}$)	T_j ($^\circ\text{C}$)
10	0,5	71	76
10	0,75	80	87,5
10	1	87	97
10	1,25	96	108,5

80°C çevre sıcaklık şartları için ise elde edilen T_j sıcaklıkları Tablo 3.4' de verilmiştir.

Tablo 3.4. $T_c=80^\circ\text{C}$ için 0,5, 0,75, 1 ve 1,25 W'lık güçlerde alüminyum levha ile hesaplanan T_j değerleri

$R_{th(JA)}$ ($^\circ\text{C/W}$)	P_d (W)	T_{LED} ($^\circ\text{C}$)	T_j ($^\circ\text{C}$)
10	0,5	97	102
10	0,75	102	109,5
10	1	115	125
10	1,25	124	136,5

Elde edilen sonuçlara göre, çevre sıcaklığının artmasının, T_j değerlerini olumsuz yönde etkilediği gözlenmiştir. Bu yüzden, ısı dağıtıcı kanatçıkların tasarlanmasının gerekliliği belirlenmiş ve geliştirilen bir program yardımıyla kanatçık tasarımı gerçekleştirilmiştir. 80°C çevre sıcaklığı şartları ve 1,25 W gücünde LED için yapılan analiz sonucu, $D=2$ mm çapında, $S_{opt}=7$ mm kanatçık aralığı olan 24 adet dairesel kesitli kanatçığın alüminyum levha üzerine eklenmesi gerektiği tespit edilmiştir. Çalışmada analizler 24 dairesel kesitli kanatçık üzerinden yapılmıştır. Şekil 3.3' de üzerine 24 adet alüminyum, dairesel kesitli kanatçık bulunan ve kanatçık aralıkları sırasıyla 6 ve 7 mm olan, 1,25 W gücünde LED için yapılan iki farklı analiz sonucu görülmektedir.



a) $S_{opt}=6$ mm b) $S_{opt}=7$ mm

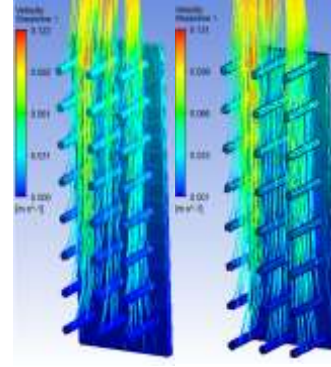
Şekil 3.3 $T_c=80^\circ\text{C}$ için 1,25W gücünde farklı kanat aralığında, 24 adet alüminyum dairesel kesitli kanatçıklara sahip LED üzerindeki sıcaklık dağılımı

Elde edilen sonuçlara göre 6 mm kanatçık aralığı için LED sıcaklığı 112°C ve T_j sıcaklığı 122°C iken, 7 mm için bu değerler 2°C azalarak, sırasıyla 110°C ve 120°C 'e düşmektedirler (Tablo 3.5).

Tablo 3.5. $T_c=80^\circ\text{C}$, 1,25W, $S_{opt}=6$ mm ve $S_{opt}=7$ mm için T_{LED} ve T_j değerleri

S_{opt} (mm)	T_{LED} ($^\circ\text{C}$)	T_j ($^\circ\text{C}$)
6	110	120
7	112	122

$S_{opt}=6$ mm ve $S_{opt}=7$ mm kanatçık aralığına sahip ısı dağıtıcısı için hava akış hız sonuçları da incelenmiş ve Şekil 3.5' de verilmiştir. Kanatçıklar arasındaki hava akış hızı, $S_{opt}=6$ mm için 0,122 m/s, $S_{opt}=7$ mm için ise 0,131m/s, olarak elde edilmiştir. 7 mm' lik kanatçık aralığında havanın hızının az da olsa yüksek olmasının T_j değerini olumlu etkilediği görülmüştür.



a) $S_{opt}=6$ mm b) $S_{opt}=7$ mm

Şekil 3.5. Farklı kanat aralıkları için hava akış hızları

Çalışmada LED'e uygulanan 0,5, 0,75, 1 ve 1,25 W güçlere karşılık gelen sıcaklıklar, Cheng vd, 2012 tarafından elde edilen verilerle karşılaştırılmalı olarak Şekil 3.6' da verilmiştir. Değişken ısı taşınım katsayı değerlerinde elde edilen T_j değerleri Şekil 3.7' de karşılaştırılmalı olarak verilmiştir. Bu çalışma, çevre sıcaklığından bağımsız olarak 1,25 W güç için yapılmıştır. Şekil 3.6 ve 3.7'den görüleceği gibi LED üzerine verilen 0,5, 0,75, 1 ve 1,25 W' a karşı üretilen sıcaklık değerleri Cheng vd, 2012 ile uyumlu çıkmıştır. Fakat üzerine kanatçık takılan PCB malzemesinin analizinde elde edilen sıcaklık değerleri, kullanılan baskı devre kartının yüzey alanınının küçük olması nedeniyle, Cheng vd, 2012 tarafından yapılan çalışmaya göre daha yüksek çıkmıştır.

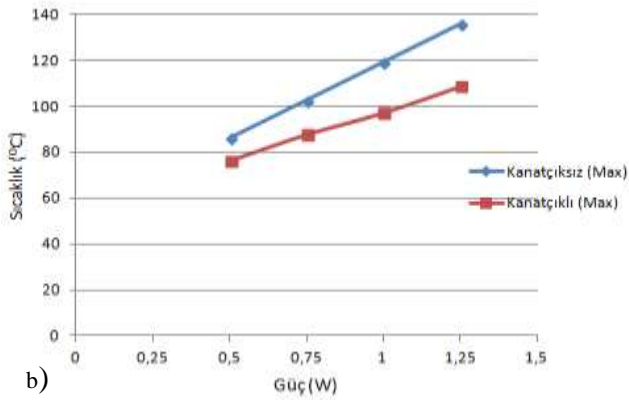
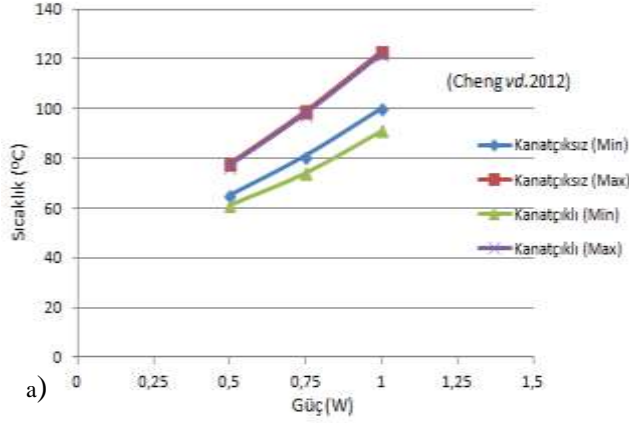
Cheng vd, 2012 çalışmasında 25°C çevre sıcaklığında ve 0,75W güç için kanatçiksız halde ısı transfer katsayısı $8,4 \text{ W/m}^2\text{K}$ ' den kanatçık ilavesi ile $15 \text{ W/m}^2\text{K}$ ' e çıkarılırken, bu çalışmada ise aynı güç için kanatsız halde elde edilen ısı transfer katsayısı $8,01 \text{ W/m}^2\text{K}$ değerinden, kanatçık ilavesi ile $14,05 \text{ W/m}^2\text{K}$ değerine yükseltilmiştir. Ayrıca, bu çalışmada 80°C çevre sıcaklığında ve 1,25 W gücünde LED için kanatçiksız ve kanatçıklı ısı taşınım katsayıları sırasıyla $6,98 \text{ W/m}^2\text{K}$ ve $11,90 \text{ W/m}^2\text{K}$ olarak tespit edilmiştir. Bu veriler ışığında artan çevre sıcaklığının ısı transferini olumsuz yönde etkilediği ve LED üzerindeki sıcaklık değerlerini arttırdığı görülmüştür.

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

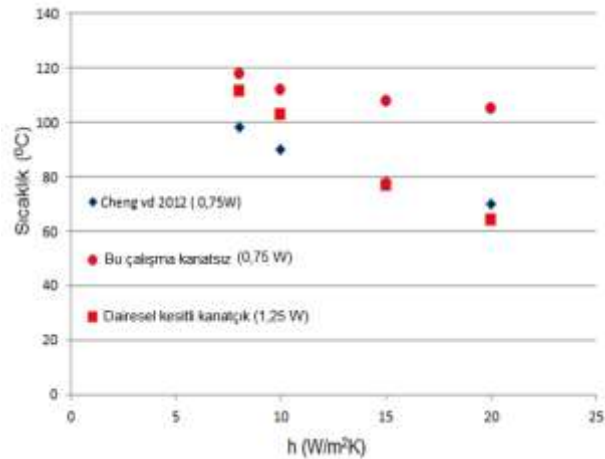
Bu çalışmada, tipik bir otomobil ön farı içinde ışık tüpünü besleyen 0,5, 0,75, 1 ve 1,25 W gücünde bir LED'in 25, 50 ve 80°C çevre sıcaklıklarında Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD) çözümleri yapılarak LED temas sıcaklık değerleri (T_j) ve ısı taşınım katsayıları hesap edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre kanatçık sayısı, tipi ve optimum kanatçık aralıkları, geliştirilen bir program yardımıyla bulunmuştur. Geometrik modeli, CATIA V5 R19 yazılımı kullanılarak oluşturulan LED, ICEM CFD kullanılarak elemanlara bölünmüş ve ısıl analiz ANSYS CFX 14 yardımıyla yapılmıştır.

Bu çalışmada bir otomobil ön farının içinde sürekli yükselen iç hava sıcaklığına bağlı olarak ısıl analizi ve

doğrulama çalışması yapılmıştır. Yapılan analizler sonucu; farklı güçlerde, 25°C çevre havası şartlarında elde edilen T_j değerlerinin, üretici firma tarafından verilen 125°C sınır değerinden küçük olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 3.6 Artan LED gücüne göre sıcaklık değişimi a) Cheng vd, 2012 b) Bu çalışma



Şekil 3.7. Değişken ısı taşınım katsayılarında T_j değerleri a) 0.75 W için Cheng vd, 2012 b) 1.25 W için bu çalışmada çıkan değerler

50°C çevre sıcaklığında yapılan analizlerde 1.25 W güçte LED'in T_j değerinin izin verilen sınır sıcaklık değerinden (125°C) büyük olduğu tespit edilmiştir. PCB'nin tabanının alüminyum levha ile kaplandığında 135.5°C olan T_j sıcaklığının 108.5°C'e azaldığı

görülmüştür. 80°C çevre sıcaklığında özellikle 1 W ve 1.25 W'lık güçlerde T_j değerlerinin sırasıyla 125°C ve 136.5°C olduğu tespit edilmiş ve bu sonuçlara göre alüminyum levha üzerine kanatçık ilavesi gerektiği belirlenmiştir. Kanatçık sayısı, biçimi ve kanat aralığına göre yapılan analizde ise 1 W'lık gücündeki LED için $T_j=120°C$ olarak elde edilmiştir. 6 mm kanat aralığında sahip 1W gücündeki LED için T_j sıcaklığının 122°C'e çıktığı tespit edilmiştir.

T_j sıcaklık değerlerini istenen sınır değerinin altında tutulabilmek için ısı taşınım katsayısını arttırmak amacıyla kanatçık tasarımı gerçekleştirildi. Eş. (6)'dan hesaplanan optimum kanatçık aralığının (S_{opt}) belirlenmesiyle, T_j sıcaklık değerleri istenen sınır değerinin altında tutulabilmiştir. Fakat kanatçık ilavesiyle artan ısı taşınım katsayısı değerinin 15 W/m²K değerinden sonra T_j üzerindeki etkinin azaldığı görülmüştür (Şekil 3.7).

T_j sıcaklığının Eş. (6)'ya göre etkileyen en önemli faktörün çevre sıcaklığı olduğu tespit edilmiştir. Yükselen çevre sıcaklığı taşınım ile ısı transferini güçleştirmektedir. Bu yüzden yüksek sıcaklıkta çalışacak LED'lerin T_j sınır değerleri yüksek olarak seçilmelidir. Eğer LED, araç farı gibi sıcak bir çevre içinde çalışacaksa, ampul içindeki doğal taşınım dikkate alınarak, ampul ekseninden daha soğuk olan alt seviyelere yerleştirilmelidir.

KAYNAKLAR

ANSYS CFX 12.1 Solver Theory Guide.

Arika, M., Becker, C., Weaver, S., Petroski, J., Thermal Management of LEDs: Package to System. Third International Conference on Solid State Lighting, San Diego, California, USA, 2004.

Bielecki, J., Jwania, A.S., Khatib, F.E., Poorman. T. Thermal consideration for led components in an automotive lamp. 23rd IEEE SEMI-THERM Symposium, San Jose, CA USA, 2007.

Bin-hai, Y., Yao-hao, W., Junction Temperature and Thermal Resistance Restrict the Developing of High-power LED, Chinese Journal of Luminescence, 06-2005.

Carter, L.L., Cashwell, E.D., Particle-transport simulation with the Monte Carlo method. Los Alamos Scientific Lab. N. Mexico, 1975.

Cheng, H.H, Huang, D.S, Lin, M.T., Heat dissipation design and analysis of high power led array using the finite element method. Microelectronics Reliability, 52, 5, 905-9011, 2012.

Clemens J. M. L., Simons, R. E., Advances In High-Performance Cooling For Electronics. <http://www.electronics-cooling.com/2005/11/advances-in-high-performance-cooling-for-electronics/>, 2005.

- Christensen, A., Graham, S., Thermal effects in packaging high power light emitting diode arrays. *Applied Thermal Engineering*, 29 (2-3):364-371, 2009.
- Çengel, A.Y., Heat Transfer a Practical Approach, Mc Graw Hill, Second Edition, International ISBN:0-07-115150-8, 2003.
- Eliasi, R., Monte Carlo thermal optimization of populated printed circuit board, *IEEE Components, Packaging, and Manufacturing Technology Society*, 13:4,953 – 960, 1990.
- Jang, S., Shin, W.S. Thermal analysis of LED arrays for automotive head lamp with a novel cooling system. *IEEE Transactions on Device and Materials Reliability*, 8 (3):561-564, 2008.
- Jang, S.H., Kang, Y.E., Shin, M.W., Thermal modeling and measurement of junctions in photovoltaic packages. *Journal of Nanoscience and Nanotechnology*, 12 (4):3292-5, 2012.
- GE Lighting, Thermal Management Vio AppNotes-Thermal. ILUM006, USA, 2009.
- Hamm, M., LED Revolution in Headlamp Optics, Mechanics, Thermomanagement and Styling. ISAL Symposium, 2005.
- Hu, S., Yu, G., Cen Y., Optimized thermal design of new reflex LED headlamp. *Applied Optics*, 51, (22):5563-5566, 2012.
- Kikuchi, K., Hamashiam, Y., Kobayashi, Y., Prediction of LED junction temperatures with CFD for headlamp application. ISAL Symposium Proceeding, Darmstadt, 2005.
- Kim, L., Choi, J.H., Jang, S.H., Shin, M.W., Thermal analysis of LED array system with heat pipe, *Thermochimica Acta*, 6th Symposium of the Korean Society of Thermophysical Properties, Korea, 455, (1-2), 21-25, 2007
- Lai, Y., Cordero, N., Barthel, F., Tebbe, F., Kuhn J., Apfelbeck, R., Würtenberger, D., Liquid cooling of bright LEDs for automotive applications, *Applied Thermal Engineering*, 29, 5-6, 1239-1244, 2009.
- Lee, S., 1995. How to select a heat sink. <http://www.electronics-cooling.com/1995/06/how-to-select-a-heat-sink/> 2012.
- Palayangoda, L., LED Technology, Seminar on LED Technology and Applications, Regional Centre for Lighting Colombo, Sri Lanka, November 05, 2012.
- Poppe, A., Lasance, C., On the Standardization of Thermal Characterization of LEDs. Proc.25th Semitherm, San Jose, 2009.
- Rubinstein, R., Kroese, D. P., Simulation and the Monte Carlo Method. Wiley, New Jersey, 1-7, 2007.
- Sheu, G. J., Hwu F. S., Tu S. H., Chen, W.T., Chang, J. Y., Chen, J.C., The heat dissipation performance of LED applied a MHP. Fifth International Conference on Solid State Lighting, San Diego, California, USA, 5941-36 (2):1-8, 2005.
- Sökmen, F., Araç Aydınlatma Sistemlerinin Isıl Analizi ve Tasarım Etkilerinin Araştırılması, Doktora Tezi, Sayfa:163, 2013.
- Vora, K., Vijaykumar, P., Basic thermal guidelines for using PowerPSoC. Cypress perform, CA, 2009.